

Проанализировав полученные результаты можно выявить следующие показатели:

- максимальная температура в рабочем пространстве агрегата составила  $t_{max} = 2223,61$  К, причем максимум температур приходится на первую треть объема топки. В остальной части топки температура не превышает 800–900 °С.

- максимальная скорость в объеме топки составляет 610,398 м/с и достигается в той области, где наблюдается максимум температур. При дальнейшем распространении факела скорость снижается и принимает стабильные значения в последней четверти объема топки на уровне 6,104 м/с.

- анализ данных о распределении в объеме топки массы основного компонента исследуемого топлива  $N C_{10}H_{22}$  говорит о том, что происходит быстрое испарение капель жидкого топлива с последующим интенсивным выгоранием образовавшихся газообразных компонентов в коротком высокотемпературном факеле.

Изучив данные, о распределении температур, можно сделать вывод о том, что процесс горения происходит в рабочем пространстве и не уходит за пределы жаровой камеры, что предотвратит преждевременный прогар жаровых труб и выход котла из строя. Однако использование керосина в качестве топлива дает высокое локальное тепловыделение, сосредоточенное лишь в небольшой части всего объема топки, что неизбежно приведет к преждевременному выходу из строя жаровой камеры котла.

Дальнейшие работы по компьютерному моделированию направлены на изучение возможности применения в котле КВ-ГМ2 других видов жидкого топлива, таких как мазуты различных марок и сырая нефть с целью получения наиболее оптимального распределения температур в объеме топочной камеры.

#### Список использованных источников

1. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: учеб. пособ. / В.А. Бруйка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова [и др.]. – Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.
2. Паспорт форсунки пневматической ФП-1100: ОАО «ВНИИМТ» – Екатеринбург, 2008. – 10 с.
3. Топливо и расчеты его горения: учеб. пособ. / С.Н. Гущин, Л.А. Зайнулин, М.Д. Казяев, Б.П.Юрьев, Ю.Г. Ярошенко. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2007. – 89 с.

УДК 621.311.22

**В. С. Яркова, В. И. Матюхин**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

### ВЫБОР СПОСОБА УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ПОДТЕЛЕЖЕЧНОГО ПРОСТРАНСТВА ТУННЕЛЬНОЙ ПЕЧИ

#### Аннотация

*Целью исследований было изыскание возможности снижения расхода газа при обжиге стеновой керамики. Разработаны мероприятия по реконструкции туннельных печей, приведены соответствующие теплотехнические расчеты. Капиталовложения на реконструкцию печи окупаются за полгода, КПД печи повышается на 100 %, экономия газа до 3 млн. м<sup>3</sup> в год.*

*Ключевые слова: туннельная печь; снижение расхода природного газа; теплотехнические расчеты; совершенствование печи.*

#### Abstract

*The aim was to explore the possibility of reducing the consumption of natural gas during the firing wall ceramic. Actions on the reconstruction of tunnel kilns, heat engineering calculations are appropriate. Investment for reconstruction oven recouped in six months, the efficiency furnaces increased by 100 %, the gas savings of up to 3 million m<sup>3</sup> per year.*

*Keywords: tunnel kiln; reducing consumption of natural gas; thermal engineering calculations; improved stoves.*

На территории бывшего СССР много кирпичных заводов, на которых обжиг изделий ведут в туннельных печах старого типа. Расход газа в этих печах колеблется в пределах 220–300 м<sup>3</sup> на 1000 шт. условного кирпича, или 80...100 м<sup>3</sup> на 1 т продукции, в то время как на заводах стран ЕС расход газа в два раза меньше. В связи с возрастанием стоимости теплоносителей, становится актуальным исследование возможности снижения расхода топлива при производстве строительных материалов [1]. С целью оценки потери тепла и разработки мероприятий по снижению расхода теплоносителей, нами исследована туннельная печь для обжига керамических стеновых материалов производительностью 26 млн. шт. условного кирпича в год, построенная по типовому проекту 409-21-13, тип 1 на газовом топливе [3]. При разработке мероприятий за основу была принята схема утилизации тепла печи,

разработанная немецкой фирмой «Keller GMBH» [2].

Общая длина печи – 120 м, зона подогрева – 42 м; зона обжига – 30 м;

зона охлаждения – 48 м. Количество горелок – 22 шт. Продолжительность обжига – 48 ч. Рециркуляции продуктов сгорания и воздушных завес в момент исследования отсутствуют. Отбор дымовых газов осуществляется на первой позиции сверху. Масса печной вагонетки тв=2200 кг., 3000 шт. кирпичей.

$v=5$  м/с,  $\alpha_n=28$  Вт/м<sup>2</sup> °С.

Определение величины теплового потока, который проходит через ограждения (потери теплоты в окружающую среду) осуществлялось по зависимости:

$$Q_{cp}=K \cdot F \cdot (t_v - t_n), \text{ ккал/ч}, \quad (1)$$

где F – поверхность ограждения;

$t_v$  – температура среды в объеме печи, °С;

$t_n$  – температура среды принята по величине средней температуры отопительного периода,  $t_n=0^\circ\text{C}$ .

Потери теплоты в окружающую среду через ограждающие конструкции приведены в таблице 1.

Таблица 1

Теплопотери через ограждающие конструкции печи

Наименование параметров	Величина параметра для разных ограждений		
	Стены	Свод	Пол
Потери теплоты в окружающую среду, ккал/ч:			
- в зоне нагревания	140250	47880	8400
- в зоне обжига	103142	123500	42000
- в зоне охлаждения	206856	52416	48000
Общие потери теплоты в окружающую среду – 772444 ккал/ч.			

По результатам исследований разработаны энергосберегающие мероприятия для внедрения на производстве и приведены в таблице 2.

Таблица 2

## Мероприятия по снижению энергозатрат в туннельных печах

№ п/п	Наименование мероприятий	Экономический эффект внедрения	
		тыс. м <sup>3</sup> прир. газа	млн. грн. $T=2,7$ грн за 1 м <sup>3</sup> газа
1	Теплоизоляция печи — установление дополнительной тепловой изоляции базальтовой ватой толщиной 0,05 м и обшивкой профилированными настилами.	348,5	0,906
2	Монтаж системы рециркуляции продуктов сгорания в зоне подогрева	839,5	2,22
3	Монтаж воздушной завесы между зоной обжига и охлаждении	799,9	1,9
4	Установление системы подачи холодного воздуха в зону охлаждения. Монтаж системы локализации теплового воздуха и транспортирование его к сушилкам.	950,4	1,9
5	Установка вентилятора для отбора продуктов сгорания из зоны обжига и теплообменника для нагревания воздуха для горелок и подачи нагретого воздуха в зону подогрева печи. Монтаж системы воздуходувов для подачи воздуха на горелки и в зону подогрева. Монтаж теплообменника.	419,7	0,891
6	ВСЕГО:	3358,1	8,73

Ниже приведены диаграммы тепловых балансов печи на разных стадиях внедрения этапов модернизации. Диаграммы дают возможность проанализировать структуры составляющих теплового баланса и величин КПД печи при условии внедрения энергосберегающих мероприятий, приведенных в таблице 2.

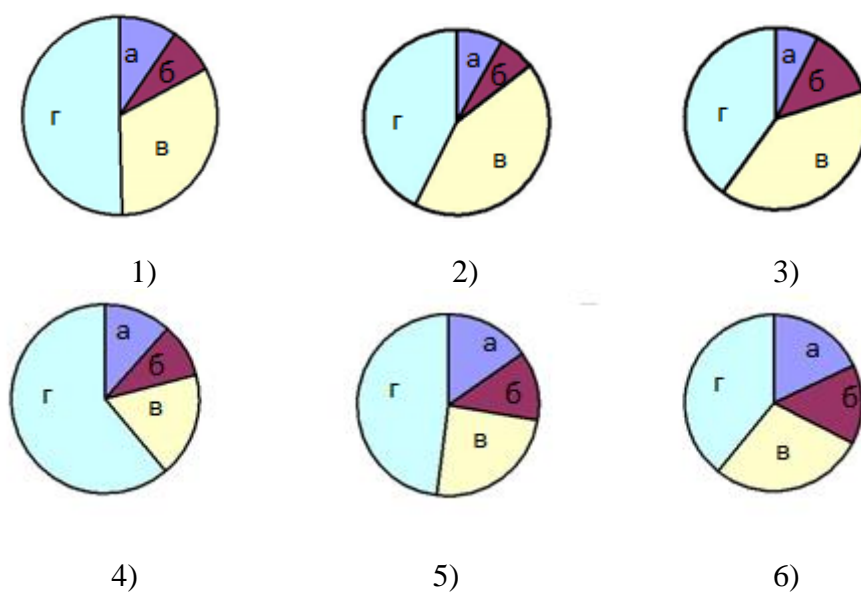


Рис. 1. Диаграммы изменения теплотехнических параметров печи:

На рис. 1 приняты следующие обозначения: 1) в существующем состоянии; 2) после теплоизоляции стен; 3) после внедрения рециркуляции продуктов сгорания в зоне подогрева;

4) после внедрения воздушных завес или теплообменников; 5) после внедрения системы утилизации теплоты охлаждения кирпичей и вагонеток; 6) после внедрения системы охлаждения кирпичей и вагонеток и устройства теплоизоляции трубопроводов; а – полезное количество теплоты для технологического процесса обжига; б – потери теплоты в окружающую среду через ограждающие конструкции; в – потери теплоты с отходящими газами; г – потери теплоты с нагретыми кирпичами.

Выводы. При существующем состоянии туннельная печь характеризуется значительными расходами топлива на производство кирпичей и низким коэффициентом полезного действия, что объясняется следующими причинами:

1. Низкие теплозащитные характеристики ограждающих конструкций печи, что способствует значительными потерями теплоты в окружающую среду.

2. Отсутствие систем рециркуляции продуктов сгорания и воздушных завес, что существенно снижает эффективность использования теплоты продуктов сгорания топлива в печи.

3. Отсутствие утилизации теплоты обожженной продукции и вагонеток, которая составляет приблизительно 40 % в тепловом балансе печи. Указанная теплота теряется безвозвратно, что существенно ухудшает теплотехническую эффективность печи.

Повышение эффективности работы туннельной печи предлагается осуществить за счет внедрения ряда энергосберегающих мероприятий изложенных в таблице.

Общая годовая эффективность внедрения мероприятий составляет 2540 тыс. грн., срок окупаемости 0,5 года.

По результатам внедрения энергосберегающих мероприятий КПД печи увеличить с 7,6 % до 18 %, а расход газа снижается в два раза и составляет 130 м<sup>3</sup> на 1000 шт. условного кирпича.

#### Список использованных источников

1. Вагин Г.Я., Лоскутов А.Б. Экономия энергии в промышленности. НГТУ, Н.Новгород, 1998. — 220 с.
2. Рекламный буклет фирмы «Keller GMBH». 2004. — 34 с.
3. Типовой проект печи для обжига керамики производительностью 26 млн. шт. условного кирпича в год 409-21-13. 1974. — 76 с.

УДК 621.746.584

**Ю. Г. Ярошенко<sup>1</sup>, Ю. И. Липунов<sup>2</sup>, А. Б. Смаханов<sup>1</sup>, М. В. Захарченко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия,

<sup>2</sup> ОАО «Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники» - ОАО «ВНИИМТ», г. Екатеринбург, Россия

#### РАЗРАБОТКА РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОДО-ВОДОВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИ ЗАКАЛКЕ

##### Аннотация

*В статье приведены результаты экспериментов по равномерности распыления водо-воздушной смеси при орошении колец подшипников из стали ШХ15, проведенных в условиях опытного стенда ОАО «ВНИИМТ». Исследованы процессы истечения водо-воздушной смеси как из одиночных форсунок различного размера, так и из специальной конструкции водо-воздушного коллектора с форсунками. Установлены углы раскрытия факелов, пределы изменения параметров водо-воздушной смеси, а именно соотношения расходов воды и воздуха, при которых достигается требуемая равномерность распыла.*